

## A construção de uma história para as redes conexcionistas\*

Cristina Magro\*\*



*m 1994 fui aos Estados Unidos com uma bolsa-sanduíche de doutorado, morando por um ano e meio em Charlottesville, num complexo residencial de famílias de estudantes da Universidade de Virgínia. Todos os meus vizinhos eram mais jovens do que eu, de modo que a cada estação havia um novo bebê no condomínio, que os pais orgulhosos apresentavam aos amigos. Numa dessas ocasiões, nos primeiros dias de uma preguiçosa primavera, uma garotinha de cerca de vinte dias percorreu de colo em colo uma longa fila ao som de doces 'ós' e 'ãns', até chegar a mim. Tentando tirar dela algum sorriso, despertar um olhar atento ou obter dela uma leve torção de sua boca ou língua minúsculas, como se quisesse me imitar, comecei a fazer todo tipo de macaquices sonoras, como qualquer*

\* Nota dos Editores: Este artigo constitui a parte inicial de um texto mais amplo, cujas segunda e terceira partes serão publicadas pela Revista Veredas em números futuros.

\*\* Universidade Federal de Minas Gerais

*brasileiro faria nessa situação. Exercitei minhas vibrantes com a úvula, a ponta da língua, os lábios. Diante do olhar espantado dos adultos — e o que não dizer das outras crianças! — pensei que havia infringido normas locais de convívio com bebês, ou de higiene, algo assim. Mas em seguida foi a minha vez de ficar espantada, e logo aliviada, quando me perguntaram: Como é que você faz isto? Pensei: devem ser essas as nossas primeiras “aulas” de português...*

*Fui dali pensando por quantas e quais brincadeiras e afetos passam nosso aprendizado da língua materna e o aprendizado de outras habilidades que se imbricam naquela, num carrossel recursivo e potencializador de nossas realizações humanas adultas. Ainda: como uma criança seleciona, na miríade de eventos dos quais participa, os comportamentos que lhe são relevantes e por quais mecanismos os generaliza para outros, desencadeando novos comportamentos... Que elementos o imitar fornece ao criar, processos gêmeos no aprendizado — pois, na aquisição de todas as nossas habilidades, que são dependentes de uma história de interações recorrentes, nem tudo o que se pensa que se ensina é aprendido e nem tudo o que é aprendido foi ensinado...*

*O Conexionismo tem a ver com isso. Ele reabilita a observação do comportamento natural, varrida por mais de trinta anos dos estudos da linguagem e da cognição; mostra que o aprendizado de algumas habilidades puxa pelos cordões o aprendizado de outras, facilitando-as, impulsionando generalizações. Sendo um projeto biologicamente inspirado, propõe um vocabulário comum para explicar o comportamento observável gerativamente a partir de sua base neurofisiológica. O que o Conexionismo oferece é sobretudo um rico conjunto de instrumentos e de idéias e convida à criatividade, à reflexão e à reavaliação de postulados dominantes nas Ciências Cognitivas.*

Estamos há cerca de sessenta anos dos primeiros trabalhos que mais diretamente engendraram o empreendimento ciberneticista e seus primogênitos - a Inteligência Artificial e as Ciências Cognitivas<sup>1</sup>. Como veremos, os debates que ainda hoje se realizam na Inteligência Artificial e nas Ciências Cognitivas, nutridos pelo desenvolvimento independente das diversas áreas associadas que compõem esse amplo campo de pesquisas, pela decepcionante avaliação do investimento que financiou maciça e unilateralmente o projeto simbólico-formal característico de suas primeiras décadas, e, porque não dizer, pela dificuldade de se reformular os preceitos básicos que constituem os alicerces da discussão sobre o conhecimento no ocidente, são versões modernas e elaboradas de discussões que há muito vêm animando nossa história intelectual.

Os fiéis defensores da abordagem que dominou as Ciências Cognitivas nos seus primeiros trinta anos — e eles ainda estão por toda parte ativos em suas pesquisas — hão de querer ressaltar que nos anos trinta é que se deu a verdadeira transformação do pensamento ocidental a respeito do conhecimento. Essa teria sido uma virada que deslocou essa área de reflexão de um domínio especulativo “meramente” filosófico e o dirigiu para um domínio de investigação

<sup>1</sup> Boden (1994) abre seu livro definindo cuidadosamente a Inteligência Artificial, distinguindo os diversos usos que essa expressão vem tendo no meio científico e buscando articulá-la com as Ciências Cognitivas. Creio que os detalhes que ali são pertinentes não nos interessam tanto neste momento. Assim vou tomar, de forma bastante simplificada, a Inteligência Artificial como um domínio de pesquisas que tem na construção de artefatos que simulam nossas atividades ditas cognitivas ou inteligentes sua principal ferramenta de trabalho. Ela é, então, beneficiária e beneficiadora das Ciências Cognitivas, propiciando-lhe sistematização teórica e meios de testagem eficientes.

científica, originada sobretudo do trabalho pioneiro e inovador de lógicos e matemáticos como Gödel, Turing e Church. É de 1931 a formulação do *teorema da incompletude* de Gödel (1931), com o qual ele mostrou ser possível codificar em números inteiros tanto sentenças quanto seqüências de fórmulas, o que fez com que seu argumento fosse tomado como indicando que sentenças demonstráveis podem exprimir-se sob a forma de uma proposição aritmética. O trabalho de Gödel não pode ser reduzido ao resultado que acabo de enunciar, mas essa possibilidade criada por ele foi de fato decisiva para fundamentar cientificamente a acalentada idéia de que conhecimento é, por excelência, o conhecimento racional e o seu corolário de que *pensar é calcular*, como Hobbes havia formulado no *Leviatã*. O que Gödel fez, então, foi aritmetizar a lógica, oferecendo um fundamento rigoroso à máxima de Hobbes em termos de números inteiros. Mas Gödel não resolveu por completo o problema de lógica proposto por Hilbert que ele (Gödel) pretendia responder com seu teorema, tarefa a que Turing então se dedicou.

Nenhum desses pesquisadores estava imbuído do propósito de construir uma ciência da mente. Eles apenas trabalhavam sobre o problema formulado por Hilbert<sup>2</sup> que indagava sobre a possibilidade de se determinar se uma fórmula qualquer do cálculo de predicados é ou não demonstrável através de algum procedimento sistemático, geral e efetivo. Em 1936, Alonso Church e Alan Turing formalizaram independentemente a noção intuitiva de procedimento automático a partir de uma variada série de caracterizações do que são funções calculáveis, disponíveis na época. Mas é a Turing que devemos a associação da idéia de função calculável automaticamente à de uma máquina mecânica.

Foi nesse seu artigo de 1936 que Turing descreveu pela primeira vez o que se convencionou chamar de “a máquina de Turing”, convencido de que havia chegado à essência do procedimento mecânico, ou seja, à essência das funções calculáveis mecanicamente. O espantoso dessas máquinas é que elas são estruturas muito simples, capazes de realizar uma série de *funções* — atividades formuláveis em termos lógicos. Essas máquinas abstratas são um verdadeiro modelo do pensamento simbólico: elas remodelam e materializam a idéia de que o conhecimento consiste na produção, manipulação e transformação — ou seja, na computação — de representações mentais, que o conhecimento é, em suma, um solucionador geral de problemas. Essas elaborações, associadas às discussões ocorridas no período da Cibernética, foram cruciais na definição precisa do objeto de estudo e do escopo do cognitivismo.

A enorme consistência dessa linha de raciocínio com a história do pensamento ocidental sobre o conhecimento<sup>3</sup>, a inabalável disposição dos primeiros cognitivistas em eliminar seus opositores e abocanhar os recursos de pesquisa, o prestígio científico e a diligência dos pesquisadores especialistas em áreas diversas que passaram a trabalhar sob uma direção programática única, favoreceram o sucesso estrondoso e a durabilidade do projeto cognitivista

<sup>2</sup> Ver a esse respeito DUPUY (1996: 28).

<sup>3</sup> Um artigo bastante rico e útil no que diz respeito ao lastro cultural que sustenta o pensamento cognitivista é o “Making a Mind versus Modelling a Brain”, de DREYFUS & DREYFUS (1988). Ver ainda, a esse respeito, WINOGRAD & FLORES (1986).

nas Ciências Cognitivas e na Inteligência Artificial. Embora o cognitivismo seja signatário de uma longa tradição, é comum vermos destacados desta história os encontros científicos realizados em Cambridge e Dartmouth, em 1956, como sendo o seu momento fundador, anunciado por aqueles que vieram a ser alguns de seus maiores expoentes em diferentes áreas, como Noam Chomsky, Marvin Minsky e Herbert Simon<sup>4</sup>. O cognitivismo orientou por pelo menos três décadas toda a Inteligência Artificial e as Ciências Cognitivas, estabelecendo as diretrizes de pesquisas para as diversas áreas envolvidas nesse projeto.

No cognitivismo aceita-se, quase que de maneira inquestionável, que o comportamento inteligente pressupõe a habilidade de representar o mundo e que o comportamento cognitivo não pode ser explicado a não ser que se parta do pressuposto de que qualquer agente atua com base nessas representações de características relevantes do mundo e seus modos de relacionamento com vistas a resolver problemas que lhe são apresentados. Nesse sentido, o comportamento bem sucedido implica representações acuradas das regularidades do mundo, ou seja, ele depende de uma capacidade cognitiva embutida no sujeito cognoscente que lhe permita lidar com esse mundo de maneira adequada. Esse é o núcleo central da idéia de que a cognição pode ser bem explicada se for compreendida como uma computação, como uma operação lógica realizada sobre símbolos — que são os elementos que representam essas características relevantes — que culmina na execução de determinada função.

Essas afirmações se estenderam, com bastante naturalidade, ao estudo da linguagem, dada a própria noção de linguagem com que nossa tradição pavimentou o caminho do cognitivismo. Foi acesa a esperança de se compreender cientificamente a relação entre essas capacidades cognitivas, o mundo e sua mediação lingüística, um empreendimento até então de natureza estritamente filosófica.

O cognitivismo postula diferentes níveis para a explicação científica, um trunfo importante e inovador. Embora haja alguma controvérsia a esse respeito, aceita-se em geral que os símbolos devem ser realizados numa base física mas não se reduzem a ela, o que garante a realização, em quaisquer substratos possíveis, dos processos simbólicos que se pretende explicar. Além do nível simbólico e do físico ou neuronal, os cognitivistas postulam um terceiro nível, o semântico, dos estados representacionais ou intencionais. É através da computação simbólica que procuram contornar o problema de correlacionar a atribuição de estados intencionais ou representacionais a mudanças físicas de um agente<sup>5</sup>. Sem reduzir níveis explicativos, o cognitivismo monta seu aparato para mostrar como a inteligência e a intencionalidade (ou

<sup>4</sup> Embora o livro *The Mind's New Science*, de Howard GARDNER (1985), seja simplista na sua articulação das idéias que participaram da criação e do desenvolvimento das Ciências Cognitivas, ele é uma referência útil para a história do período do ponto de vista cognitivista endossando, como é de se esperar portanto, a tese da fundação de um movimento "novo".

<sup>5</sup> "Intencional", nesse contexto, deve ser entendido em termos de 'aboutness', ou representação, i.e., aquilo de que algo é símbolo. Para uma breve discussão a esse respeito ver VARELA ET AL. (1993: 126-132) e DUPUY (1996: 40).

seja, a semântica) são física e mecanicamente possíveis. É com esse recurso que eles tomam por encerrado um debate acalorado, que estava em curso nos anos anteriores ao seu aparecimento, entre a desejabilidade ou a possibilidade de se igualar máquinas a cérebros e a respeito de se a lógica era de fato suficiente para explicar operações do cérebro, cujas características distribuídas e não-lineares a lógica é forçada a negligenciar.

De fato, embora reconhecendo a sofisticação e o refinamento que o cognitivismo imprimiu a essa proposta, é interessante notar que a idéia de uma “sintaxe” ou um conjunto de procedimentos mecânicos que estabelecem a mediação entre o mundo físico e as significações constitui o cerne das máquinas de Turing, que essa orientação teórica reconhece como seminal para sua criação e desenvolvimento<sup>6</sup>.

A presença dessas idéias na orientação das pesquisas de diferentes áreas é inconfundível. Nas neurociências, tornou-se dogma inabalável que o cérebro é um processador de informações que responde seletivamente a características do ambiente. Os trabalhos pioneiros e mais frutíferos na área foram os realizados em neurofisiologia da visão, dada a facilidade de se postular correlações entre reações elétricas dos neurônios do córtex visual e imagens apresentadas a um animal durante o experimento. Esses estudos classificaram os neurônios do córtex visual de acordo com características do ambiente que aparentemente os faziam disparar (brilho, movimento, forma etc.). Descreveram a atividade cerebral como se o cérebro selecionasse informação visual da retina por meio desses neurônios especializados do córtex visual e transmitisse a informação assim filtrada para outras regiões do cérebro, onde deveriam ocorrer estágios posteriores (mais altos) de processamento tais como a categorização, as associações de memória e a ação. O projeto de construir uma teoria unificada do funcionamento cerebral que alimentava os intensos debates ocorridos nos anos 50, em especial entre os neurofisiologistas Warren McCulloch, Karl Lashley e o psicólogo Wolfgang Köhler, foi totalmente deixado de lado com o advento do cognitivismo. Desde aí a noção de cérebro como processador de informações passou a fazer parte do patrimônio de assunções tácitas da disciplina, mantendo-se até recentemente completamente intocada para a maioria dos pesquisadores da área.

Inúmeros foram os estudos realizados em neurociências nessa direção. Particularmente notáveis são os trabalhos de Gazzaniga com indivíduos que tiveram o corpo caloso seccionado<sup>7</sup>. Observe-se como a fenomenologia “dividida” desses indivíduos é justificada a partir da tese da modularidade da mente — a teoria psicológica proposta por Fodor associada ao cognitivismo. Muitos neurocientistas como Hubel, Wiesel e Mountcastle endossaram a tese da modularidade cortical como um fato estabelecido, indiscutível<sup>8</sup>.

Nos estudos da linguagem, foi ampla e profunda a dominação do cognitivismo. A distinção entre competência e desempenho, a eleição da primeira como legítimo objeto de estudo científico por suas propriedades lógicas, sua regularidade matemática, seu estatuto de núcleo duro das línguas naturais

<sup>6</sup> Ver a esse respeito, por exemplo, DUPUY (op. cit.: 35).

<sup>7</sup> Ver, por exemplo, o livro de GAZZANIGA (1985).

<sup>8</sup> Veja, por exemplo, MOUNTCASTLE (1978) e HUBEL & WIESEL (1979).

humanas — portanto da essência da linguagem e a chave-mestra de acesso aos mistérios da mente humana — e a autonomia desse objeto de estudo consubstanciada pelo projeto modular da mente foram recebidos com grande excitação. O gerativismo chomskyano associado à psicologia de Jerry Fodor colocou a Lingüística a dialogar com outras áreas de pesquisa das quais estava anteriormente isolada, deu um impulso e uma visibilidade à área anteriormente desconhecidos. Paralelamente a essas conquistas, no entanto, essa orientação deteve sob seus mandamentos a própria definição da disciplina, marginalizando as tendências conflitantes, definindo a política de formação e contratação de pessoal nos centros de pesquisa e departamentos, como ainda estabeleceu políticas editoriais e diretrizes de financiamento das investigações que deveriam levar seu rótulo. São numerosos os trabalhos que apresentam hoje uma crítica frontal e não raro amarga à política desse período vivido pela Lingüística que, ao mesmo tempo, pode ser caracterizado tanto como de grande efervescência e produtividade quanto de lamentável ostracismo<sup>9</sup>.

O cognitivismo despertou ainda o interesse pela imunologia e pela genética, áreas da biologia onde comportamentos cognitivos começaram a ser postulados. Embora na lingüística chomskyana se argumentasse que a linguagem exibe propriedades específicas do domínio lingüístico não vistas em outros aspectos da cognição, foi significativa a influência da Lingüística no projeto das Ciências Cognitivas como um todo, o que é aparente nas descrições de processos biomoleculares feitas em termos de uma *sintaxe*, de uma *gramática*, tomando emprestada a elegância formal das descrições típicas da lingüística gerativa. Esse lugar privilegiado que a lingüística chomskyana ocupou no cognitivismo é explícito mesmo no título do artigo do Prêmio Nobel em Imunologia, Niels Jerne: “*The Generative Grammar of the Immune System*” (Jerne, 1985). Foi tão grande sua penetração que, não raro, o cognitivismo é tomado como sendo, ele mesmo, sinônimo de Ciências Cognitivas.

Características marcantes da Inteligência Artificial à moda antiga e do *cognitivismo* nas Ciências Cognitivas foram postas em questão, redespertando o interesse pela biologia como possibilitadora das chamadas funções cognitivas e pelas máquinas como um artifício para se modelar o cérebro. Dentre os fatores que contribuíram para o enfraquecimento dessa tendência, podemos citar:

- i) a dúvida sobre o processamento de símbolos mentais como uma metáfora adequada do conhecimento;
- ii) a decadência do projeto de entender a inteligência como procedimentos de resolução de problemas;
- iii) o progressivo enfraquecimento dos instrumentos lógico-matemáticos descontextualizados para dar conta dos fenômenos lingüísticos e cognitivos;
- iv) a crítica crescente do pensamento racionalista e reducionista da filosofia.

As reflexões advindas daí apontaram para o aprendizado como melhor lugar para se compreender a inteligência humana e recolocaram em cena questões filosóficas cruciais em torno de dicotomias como mente/corpo,

<sup>9</sup> Veja, por exemplo, HARRIS (1981; 1993) e MAGRO (1999).

objetividade/subjetividade, raciocínio/imaginação, inato/adquirido, lógica/senso comum, sustentáculos do paradigma dominante nessa área<sup>10</sup>.

É assim que o genial trabalho do neurofisiologista Warren McCulloch e do matemático Walter Pitts, “*A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*”, datado de 1943, pode ser revisitado e reconhecido como o que tornou as duas principais vertentes das Ciências Cognitivas e da Inteligência Artificial de fato possíveis<sup>11</sup>. Esses pesquisadores conheciam as idéias de Alan Turing sobre os números computáveis e a obra de Russel e Whitehead sobre o cálculo proposicional e, ainda, tinham configurado um modelo de sistema nervoso como uma rede de células conectadas que podem estar em dois estados — excitadas ou inibidas — dependendo da atividade das demais células da rede. Articulando esses conhecimentos e formulando a tese descrita no próprio título do artigo, a de que as idéias são imanentes à atividade nervosa e são apreensíveis através de um cálculo lógico, eles forneceram todos os elementos necessários para a concretização do sonho das máquinas inteligentes, numa tendência ou noutra. Boden argumenta que esse artigo de McCulloch e Pitts subsidiou tanto os pesquisadores envolvidos na construção de aparatos capazes de solucionar problemas e realizar cálculos a partir de uma base lógico-formal abstrata criando modelos formais de pensamento — o cerne do cognitivismo —, quanto abriu caminho para a teoria psicofisiológica de Hebb sobre agrupamentos celulares e orientou a construção de máquinas biologicamente inspiradas a partir das redes neurais, o princípio norteador do *Conexionismo*<sup>12</sup>.

Dentre os trabalhos experimentais de McCulloch, um deles é particularmente significativo em termos da gênese de duas tendências opostas nas Ciências Cognitivas. Nas décadas de cinquenta e sessenta uma equipe do MIT, chefiada por ele, trabalhava em neurofisiologia da visão. O produto dessa equipe que obteve maior notoriedade e que revolucionou a área é o artigo “*What the Frog’s Eye Tells the Frog’s Brain*” (Lettvin et al., 1959), ainda hoje quase inevitavelmente mencionado quando o assunto é percepção. Nele, os autores descrevem “o sistema detector de insetos do sapo” em termos de padrões de variação local de intensidade do fator de excitação da retina e da rede de neurônios a ela conectada, o que faz com que esse trabalho possa hoje ser revisto e celebrado como um antecessor do Conexionismo. Esse estudo difere então da explicação tradicional da visão desses anfíbios, feita em termos da intensidade de luz que incide sobre a retina. Esses pesquisadores distinguiram quatro canais de fibras óticas distribuídos e paralelos, especializados na detecção de características ambientais que levam o olho do sapo a informar seu cérebro sobre a imagem visual em termos do padrão local, independentemente da quantidade de iluminação. Eles descreveram o

<sup>10</sup> Um artigo útil para a compreensão dessas questões é DREYFUS & DREYFUS (1988). A expressão *Inteligência Artificial à moda antiga* é de de Haugeland (apud BODEN (1994: 11)).

<sup>11</sup> No livro *Nas Origens das Ciências Cognitivas*, DUPUY (op. cit) se propõe a argumentar que as Ciências Cognitivas têm origem no movimento cibernético, do qual Warren McCulloch é um dos mentores e principais articuladores, mas que esse parentesco é com frequência obnubilado. A mesma afirmação encontramos em VARELA ET AL. (1993: 37).

<sup>12</sup> A referência do artigo é MCCULLOCH & PITTS (1943). A afirmação de Boden encontra-se à p.11 da obra citada.

trajeto dos impulsos nervosos da retina ao cérebro em termos de uma linguagem, de uma transcodificação, com a retina informando ao cérebro o significado daquilo que ela, a retina (*sic*), estava vendo. O interessante desse estudo é que, embora ele ofereça todos os elementos da complexidade e dinamicidade requerida pelas redes conexionistas, embora ele não tenha lançado mão do suporte algorítmico característico dos estudos cognitivistas e tenha um refinamento muitíssimo maior do que as demais pesquisas em neurofisiologia da visão realizadas na época sob a égide do cognitivismo, a postulação de detectores especializados e de uma linguagem (sintaxe) transcodificadora alimentou a identificação cognitivista com os seus resultados — o que, ao mesmo tempo, favoreceu seu reconhecimento como um estudo pioneiro e inovador na área e nas Ciências Cognitivas, que começavam a se constituir já dominadas por aquela perspectiva teórica. Por que esta foi a primeira leitura do texto? Como já afirmamos, havia, na época, um conjunto de condições ancorado numa tradição de pensamento sobre o conhecimento que guiou preferencialmente esta, e não outra leitura.

Nesse contexto, é justo afirmar que o Conexionismo foi uma tendência prematuramente abortada naquela época em favor da abordagem abstracionista simbólica, mas que já há algum tempo vem atraindo de novo as atenções no campo. A partir dos anos sessenta, ficou inteiramente obscurecida a investigação de redes neurais como o suporte adequado para a investigação de processos cognitivos, abafada pela crítica de cognitivistas como Minsky e Papert a projetos biologicamente inspirados — como sua avaliação superficial do projeto *Perceptron*, de Rosenblatt —, pela irrecusável promessa da redenção dos percalços cotidianos pelos computadores digitais e pelo *revival* racionalista engenhosamente articulado com um ideário humanista e democrata, que aquela década e a seguinte tão bem acomodaram<sup>13</sup>.

Alguns princípios formulados por McCulloch e Pitts no seu artigo pioneiro de 1943 são notáveis: eles argumentaram que a inteligência está dentro do cérebro, sustentando que a intenção, o aprendizado, a psicopatologia, os universais, o valor e o número são imanentes à atividade neuronal. É tentador reconhecer nessas afirmações as sementes de teorias e pesquisas recentes em neurociências. As duas posições de maior proeminência nas Ciências Cognitivas e na Inteligência Artificial sobre a relação entre os fenômenos ditos mentais e o cérebro dependem da assunção desse postulado: tanto a postura eliminacionista dos Churchland, que sonham em ver desaparecido o vocabulário mental em favor das descrições dos processos neurológicos a eles subjacentes<sup>14</sup>, quanto a de Edelman, que endossa a tese da imanência reduzindo a atividade cognitiva a padrões neuronais determinados, mas sem eliminar um nível diferente de descrição desses processos<sup>15</sup>.

Ainda, e aqui está uma contribuição importante desse artigo de McCulloch e Pitts, os autores procuraram demonstrar que apenas alguns tipos de redes neurais podem processar certos tipos de funções lógicas. Ou seja, eles demonstraram que o tipo de atividade realizável por um determinado

<sup>13</sup> Ver, a esse respeito, DREYFUS & DREYFUS (1988); ANDRESEN (1990 e 1992).

<sup>14</sup> Ver especialmente o livro *Neurophilosophy* (CHURCHLAND, 1993).

<sup>15</sup> Ver, por exemplo, EDELMAN (1992).



sistema depende das características desse sistema. Desse modo, sendo essas redes finitas, elas devem fornecer todas as restrições necessárias para que os processos delas resultantes não sejam indesejavelmente aleatórios ou executem generalizações excessivamente amplas, devendo-se assim determinar adequadamente que redes são capazes de executar quais funções e de que maneira. É assim que McCulloch descreveu, com indisfarçável entusiasmo, o modo como ele visualizava sua tarefa:

Nossa aventura é, na verdade, uma grande heresia. Estamos para conceber o conhecedor como um computador. Mas esta não é uma heresia nova. Ela já foi concebida por Dryden em *The Hind and the Panther*, ao dizer:

E se é que elas pensam, não é com certeza mais alto  
Do que a matéria, posta em movimento, pode aspirar.

Acredito que ele tenha razão, mas não estou certo de que isto seja suficientemente alto. Não tenho a intenção de sobrecarregá-los com detalhes da construção de um computador, sejam eles feitos pelo homem ou gerados. Esses últimos são o meu assunto cotidiano. Meu problema difere do dos homens que constroem computadores apenas nisso — eu enfrento a máquina do inimigo. Sem que ninguém me tenha ensinado eu preciso aprender o que ela é, o que faz e como o faz. Essa é uma complicada máquina de computar, composta de  $10^{10}$  relés<sup>16</sup>.

Paralelamente a isso, nos primeiros anos da Cibernética, havia também o trabalho de excelentes modelizadores como Norbert Wiener, um dos autores de um outro texto fundador da Cibernética (Rosenblueth et al., 1943) e importante artífice da Teoria da Informação. Nesse texto, *“Behavior, Purpose and Teleology”*, Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener e Julian Bigelow argumentavam que era necessário deixar de lado o “conteúdo”, a natureza física dos constituintes e de suas relações, a fim de abstrair a forma dessas últimas. Esse procedimento haveria de subsidiar uma teoria unificada da máquina e dos seres vivos, garantindo um papel privilegiado para a física nessa unificação.

McCulloch e Pitts radicalizaram em dois planos as idéias de Wiener, Rosenblueth e Bigelow<sup>17</sup>: um, no que diz respeito à pergunta pela existência da mente, e outro, no que diz respeito à analogia entre ser vivo e máquina. McCulloch afirmou que idéias, intenções e propósitos são encarnados por mecanismos materiais e lógicos — ou, mais explicitamente, conforme o próprio título de um de seus famosos artigos indica, ele procurou defender a idéia de que “a mente está na cabeça”<sup>18</sup>. Tendo se confrontado inúmeras vezes com os

<sup>16</sup> “Our adventure is actually a great heresy. We are about to conceive of the knower as a computing machine. That is not a new heresy. It has already been prejudged by Dryden in *The Hind and the Panther*, when he says,  
And if they think at all, 'tis sure no higher  
Than matter, set in motion, may aspire.

I believe that he is correct, but I am not sure that that may not be high enough. I have no intention of burdening you with the detail of the construction of the computing machine, whether these be man-made or begotten. The latter are my daily business. My problem differs from that of the men who build computing machines only in this — that I am confronted by the enemy's machine. I have not been told and must learn what it is, what it does, and how it does it. It is a complicated computing machine consisting of  $10^{10}$  relays.” (“Through the Den of the Metaphysician.” In: McCULLOCH (1988: 114)).

<sup>17</sup> Sobre os primeiros anos da Cibernética e as (produtivas) divergências entre McCulloch e Wiener, ver DUPUY (op. cit: 43-81).

<sup>18</sup> “Why the mind is in the head.” Reimpresso em McCULLOCH (1988: 72-141).

colegas comportamentalistas que o acusavam de mentalismo e de dualismo, McCulloch pode justificar que estava, na verdade, trazendo para o interior do cérebro o estudo do comportamento dos fenômenos naturais. Assim, a abordagem comportamental e comunicacional de seus críticos estava sendo francamente confrontada, trazida para níveis lógicos mais baixos de explicação.

No que diz respeito à comparação entre seres vivos e máquinas, Wiener, que era um matemático aplicado, procurava isomorfismos matemáticos que lhe justificassem tal analogia. No clássico artigo “*Cybernetics*”, Wiener (1948) discorre sobre as diretrizes desse campo da ciência afirmando que ele reúne sob uma única denominação aquilo que, no contexto humano, costuma ser *frouxamente* descrito como “pensamento” e que em engenharia é conhecido como “controle e comunicação”. Ele manifesta sua crença de que há entre as complexas atividades humanas e as operações de uma simples calculadora uma ampla área em que cérebro humano e máquina se sobrepõem. Afirma ainda que as máquinas modernas têm, como o cérebro, “capacidades de memória, associação, escolha” e que a construção de mecanismos cada vez mais complexos deve mostrar que o cérebro humano se comporta *como* uma máquina, levando-nos perto de compreender adequadamente seu funcionamento.

Wiener estava interessado em deficiências funcionais como a ocasionada por uma patologia cerebelar que tem como resultado o prejuízo de movimentos intencionais que impedem um indivíduo de fazer algo tão simples quanto pegar um lápis sobre uma superfície. Ao mesmo tempo, estava comprometido com a construção de artefatos como um aparato de controle de incêndio de artilharia antiaérea no qual, imaginava ele, o cálculo da trajetória do projétil deveria ser igual ao cálculo envolvido na apreensão de um objeto por um movimento humano.

A esse respeito, então, McCulloch e Wiener divergiam novamente quanto à força dessa comparação: enquanto Wiener trabalhava sobre uma analogia, McCulloch afirmava que “tudo o que aprendemos sobre os organismos nos leva a concluir que eles não são simplesmente análogos às máquinas, mas *são* máquinas”<sup>19</sup>. Podemos dizer, então, que entre essas duas linhas de raciocínio há também uma divergência quanto ao estatuto da modelização matemática e tecnológica: enquanto Wiener procurava um isomorfismo matemático que subsidiasse sua construção de artefatos a partir da analogia entre máquinas e cérebros com um espírito pragmático de ver qual a melhor forma de pôr essa analogia para funcionar, McCulloch fazia uma afirmação ontológica. Ainda, enquanto as máquinas de Wiener eram máquinas de fato — robôs, braços mecânicos, objetos técnicos —, as máquinas de McCulloch eram seres lógico-matemáticos encarnados na matéria do organismo — sendo organismo e lógica equivalentes.

As idéias connexionistas, então, já estavam semeadas no trabalho de McCulloch e, além disso, tinham sido de fato implementadas nos anos 50 por Ashby e por Rosenblatt. Ross Ashby havia estudado, no início daquela década, a dinâmica de grandes sistemas com interconexões aleatórias e distribuídas, mostrando que eles acabam por exibir comportamentos coerentes

<sup>19</sup> “Everything we learn of organisms leads us to conclude not merely that they are analogous to machines but machines.” (“Mysterium Iniquitatis of Sinful Man Aspiring into the Place of God”. In: McCULLOCH (1988: 163)).

globais, portanto não localizados<sup>20</sup>. Em 1958, Rosenblatt construiu um artefato, o *Perceptron*, um sistema simples destinado a fazer o reconhecimento, a discriminação e classificação de padrões com base em mudanças da conectividade entre seus componentes<sup>21</sup>. Vale notar que ambos os artefatos se baseavam em relações distribuídas, em operações não localizadas, em processos que tendiam para estados coerentes globais — características essas que, aliadas à idéia de propriedades emergentes e de capacidades ditas auto-organizadoras, foram tradicionalmente utilizadas na descrição da arquitetura, do funcionamento e do produto da atividade das redes conexionistas.

Nessa época, Rosenblatt chegou a utilizar o adjetivo *conexionista*, que já havia sido empregado também por Donald Hebb em 1949<sup>22</sup>, quando este mostrou como um conjunto de neurônios podia “aprender”, formulando a seguinte regra: a força da conexão entre dois neurônios aumenta quando eles são excitados simultaneamente e diminui se isso não ocorre. Esta ficou conhecida como a *Regra de Hebb* e é uma das regras básicas de aprendizado utilizadas no Conexionismo. O que é interessante ressaltar em sua proposta, e que se estende aos modelos conexionistas contemporâneos, é que a conectividade se torna inseparável da história de transformações do sistema — e, portanto, do tipo de atividades e tarefas com que o sistema se vê envolvido.

Rosenblatt propôs o *Perceptron* explicitamente como uma alternativa para o paradigma da manipulação de símbolos acreditando ser mais fácil e mais proveitoso automatizar os procedimentos que fazem com que um sistema físico aprenda a discriminar padrões e só então investigar analiticamente esse comportamento do que sistematizar o comportamento que se espera que um sistema tenha, baseado na representação do mundo, e depois projetar um sistema físico com técnicas de síntese lógica que realizem tais ações. Assim, argumenta Rosenblatt, deixaríamos de trabalhar com sistemas estáticos e passaríamos a nos ocupar de fenômenos e sistemas dinâmicos, cruciais para a compreensão da fenomenologia cognitiva<sup>23</sup>. Ora, esse é um argumento semelhante ao que encontramos hoje em interessantes estudos em aquisição de linguagem: a observação das condições de aprendizado e do desempenho de uma rede conexionista parece estar lançando luzes inesperadas sobre os postulados lingüísticos a respeito de como uma criança aprende e usa a língua (Seidenberg, 1997).

Outros fatores influenciaram na redescoberta, por assim dizer, do Conexionismo. Nos anos 70 e 80, sistemas dinâmicos, propriedades auto-organizadoras e propriedades emergentes foram postuladas na física, na química e na matemática não-linear — no estudo de oscilações químicas, padrões de desenvolvimento, redes genéticas, genética populacional, ecologia e geofísica, por exemplo. Isso contribuiu fortemente para despertar sua atenção por parte das Ciências Cognitivas e favorecer o desenvolvimento de idéias conexionistas no seu interior. Para o cognitivismo, a física é a única ciência capaz de servir de modelo para todas as demais disciplinas engajadas no projeto de conhecer

<sup>20</sup> Ver, por exemplo, ASHBY (1950).

<sup>21</sup> Essa descrição pode ser encontrada em ROSENBLATT (1962).

<sup>22</sup> Ver a esse respeito DUPUY (1996: 76, nota 51).

<sup>23</sup> Veja essa discussão em DREYFUS & DREYFUS (1988: 347).

o conhecimento humano e de reuni-las numa produção orquestrada<sup>24</sup>. Parece ter sido necessário, então, que os ares de uma nova tendência soprassem daí.

Essa tensão entre biologia e física era também clara nos primeiros anos da cibernética, aparente tanto nos debates das Conferência Macy<sup>25</sup>, quanto nos artigos de seu próprio mentor, Warren McCulloch, e de alguns de seus companheiros ciberneticistas. O trecho abaixo é expressão disso:

Nenhum empiricista espera encontrar em homens ou máquinas exceções às leis da natureza, mas as ciências físicas não são construídas para formular ou resolver os problemas da biologia, psicologia ou sociologia que envolvem comportamento adaptativo, perceptivo, reflexivo ou comunicativo.<sup>26</sup>

O tema parece ainda não ter perdido interesse. Em *"Language and Nature"*, Chomsky (1995), mantendo aceso o ideal da unidade no cerne das ciências naturais, reafirma sua crença de que a física é a única disciplina capaz de servir de peso e medida para uma abordagem unificada e verdadeiramente científica nas Ciências Cognitivas. Para o Conexionismo, no entanto, é a biologia que serve de ponto de partida, de fonte de inspiração, e as redes conexionistas simulam com uma simplicidade admirável processos hoje bastante conhecidos nesse domínio.

A obra de McCulloch pode ser vista como uma tentativa de responder à questão "O que é um número para que um homem possa conhecê-lo e o que é um homem para que possa conhecer um número?", título de uma conferência que proferiu em 1961. Aí ele expressa com notável clareza uma questão central no domínio das Ciências Cognitivas e em cada uma de suas disciplinas associadas, especialmente por confrontar a oposição entre natureza e cultura. Ele se pergunta se essas redes neurais de onde emergem as idéias, de que ele e Pitts falavam em 1943, poderiam existir enquanto tais no cérebro, uma vez que o plano de conexão do sistema inteiro precisaria ser especificado para implementar um tal projeto. Uma vez que os genes não pareciam ter capacidade para tanto, McCulloch afirmava, então, que era preciso se pensar em redes aleatórias que podem aprender, realizar inferências indutivas e, inclusive, especificar as próprias regras que seguem nesse processo. Levanta novamente aqui a questão do estatuto da modelização e da teorização em ciência e combate uma idéia que se tornou dogma nos anos do cognitivismo, que é a especificação genética de características próprias da espécie<sup>27</sup>.

Esse breve recuo histórico tem por objetivo mostrar que, na própria nascente dos estudos científicos do conhecimento, temas ainda hoje relevantes e controversos eram objeto de amplo debate. Ainda, que as Ciências Cognitivas não nasceram de um ideário homogêneo, embora as estratégias de desenvolvimento da área tenham se feito na direção de estabelecer diretrizes definidas de pesquisa eliminando ao máximo suas oposições que

<sup>24</sup> Ver, por exemplo, CHOMSKY (1995).

<sup>25</sup> Para uma inteligente história desse período, ver o livro *Nas Origens das Ciências Cognitivas* (DUPUY, 1996).

<sup>26</sup> "No empiricist expects to find in men or machines exceptions to natural law, but physical sciences are not constructed to state or solve those problems of biology, psychology or sociology that involve adaptive, perceptive, thoughtful or communicative behavior." ("Toward some circuitry of ethical robots...". Conferência proferida em 1953. In: McCULLOCH (1988: 194)).

<sup>27</sup> Republicado em McCULLOCH (1988).

permaneceram, mesmo assim, em estado latente, como o contraponto esperado. Não tive, assim, a pretensão nem o objetivo de elencar todas as contribuições recentes ou mais distantes para a constituição dessa interessante e fértil área de pesquisas, a das Ciências Cognitivas, em nenhuma de suas vertentes. Apenas quis indicar o que sempre esteve em jogo e o que pode ser decisivo numa opção teórica nesse domínio.

Em resumo, os temas gerais importantes e controversos envolvidos nessa discussão, e que nem sempre são reconhecidos no calor do debate, são:

- i) a natureza da modelização em ciência, que se confronta com o problema da relação entre as explicações científicas com o próprio conhecimento e com o objeto conhecido;
- ii) o objeto mesmo da investigação científica, tradicionalmente confinado à essência de objetos idealizados que refletiriam as regularidades logico-matemáticas do mundo, sendo dependente, portanto, da postulação de restrições à variabilidade e à diversidade;
- iii) por isso mesmo, a dificuldade ou, melhor dizendo, a exclusão, do âmbito da ciência, do tratamento de fenômenos dinâmicos, historicamente constituídos e contingentes e da diversidade do mundo experienciado e do senso comum;
- iv) a relação mente-corpo e essa própria dicotomia;
- v) a contribuição relativa da natureza e da cultura para a fenomenologia dos seres vivos e essa dicotomia mesma;
- vi) a noção de *conhecer*, sua relação com a linguagem e com os objetos nela constituídos e sua relação com as contingências contextuais.

Finalmente, em especial no domínio dos estudos da linguagem, mas repercutindo em toda a área das Ciências Cognitivas, é necessário se perguntar pela adequação conceitual ou a suficiência da definição corrente de linguagem, do instrumental de análise em uso por parte dos especialistas se desejamos abordar esse, sem apelos metafísicos, como sendo um fenômeno tornado possível por uma determinada configuração biológica, como sendo dinâmico desde seu desenvolvimento e integrado às demais atividades dos seres humanos.

As dificuldades nesse campo, hoje, parecem-me mais conceituais do que operacionais ou técnicas. Já se pode falar de uma razoável experiência nesse domínio. Há uma quantidade razoável de modelos e de simulações conexionistas em diversas áreas que têm se mostrado factíveis, eficientes e significativos, sugerindo uma reorientação teórica para as pesquisas no campo das Ciências Cognitivas. Em todas as áreas alguns princípios transformados em tabu pela tendência cognitivista, que ainda é forte, estão sendo revisitados.

## Referências Bibliográficas

ANDRESEN, J. T. Skinner and Chomsky Thirty Years Later. *Historiographia Linguistics*. [s.l.], n. XVII, vol. 1/2, p. 145-165, 1990.

\_\_\_\_\_. The Behaviorist Turn in Recent Theories of Language. *Behavior and Philosophy*. [s.l.], n. 20, vol. 1, 1992.

ASHBY, W. R. Stability of a Randomly Assembled Nerve Network.

*Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. [s.l.], n. 2, p. 471-82, 1950 (Edição de 1992).

BODEN, M. A. (Ed.). *Filosofía de la Inteligencia Artificial*. Sección de obras de Ciencia y Tecnología. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1994.

CHOMSKY, N. Language and Nature. *Mind*. [s.l.], n. 104, vol. 413, p. 1-61, 1995.

CHURCHLAND, P. S. *Neurophilosophy — toward a Unified Science of the Mind/Brain*. Cambridge, Massachussets: Bradford, 1993.

DREYFUS, H. L. & DREYFUS, S. E. La construcción de una mente versus el modelaje del cerebro: la inteligencia artificial regresa a un punto de ramificación. In: BODEN, M. A. *Filosofía de la Inteligencia Artificial*. Mexico: Fondo de Cultura Económica, p. 344-72, 1988.

DUPUY, J.-P. *Nas Origens das Ciências Cognitivas*. São Paulo: UNESP, 1996.

EDELMAN, G. M. *Bright Air, Brilliant Fire. On the Matter of the Mind*. New York: HarperCollins Publishers, Inc, 1992.

GARDNER, H. *The Mind's New Science — A History of the Cognitive Revolution*. New York: Basic Books Publishers, 1985.

GAZZANIGA, M. S. *The Social Brain — Discovering the Networks of the Mind*. New York: Basic Books, 1985.

GÖDEL, K. Über formal unentscheidbare Sätze der *Principia Mathematica* und verwandter Systeme. *Monatshefte für Mathematik und Physik*. [s.l.], n. 38, 1931.

HARRIS, R. *The Language Myth*. London: Duckworth, 1981.

———. *The Linguistics Wars*. New York: Oxford University Press, 1993.

HUBEL, D. & WIESEL, T. Brain mechanisms of vision. *Scientific American*. [s.l.], n. 9, vol. 241, p. 130-144, 1979.

JERNE, N. The Generative Grammar of the Immune System. *EMBO Journal*. [s.l.], n. 4, p. 847-852, 1985.

LETTVIN, J. Y. et al. What the Frog's Eye Tells the Frog's Brain. In: McCULLOCH, W. S.. *Embodiments of Mind*. Cambridge: MIT Press, p. 230-255, 1959.

MAGRO, C. Valor de Fato. Organizado por VAITSMAN, J.; GIRARDI, S. *A ciência e seus impasses: debates e tendências*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, p. 93-108, 1999.

MCCULLOCH, W. *Embodiments of mind*. Cambridge: MIT Press, 1988.

——— & PITTS, W. A Logical Calculus of the ideas Immanent in Nervous Activity. *Bull. Math. Biophysics*. [s.l.], n. 5, p. 115-133, 1943.

MOUNTCASTLE, V. An organizing principle for cerebral function: the unit module and the distributed system. In: EDELMAN, M., MOUNTCASTLE, V. *The Mindful Brain*. Cambridge: MIT Press., p. 7-50, 1978.

ROSENBLATT, F. *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Dynamics*. New York: Spartan Books, 1962.

ROSENBLUETH, A.; WIENER, N. & BIGELOW, J. Behavior, Purpose and Teleology. *Philosophy of Science*. [s.l.], n. 10, vol. 1, 1943.

SEIDENBERG, M. Language Acquisition and Use: Learning and Applying Probabilistic Constraints. *Science*. [s.l.], n. 275, vol. 5306, p. 1599-1603, 1997.

VARELA, F. J.; THOMPSON, E. & ROSCH, E. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge: MIT Press, 1993.

WIENER, N. Cybernetics. In: FOERSTER, H. V. *Cybernetics of Cybernetics: the control of control and the communication of communication*. Minneapolis: Future Systems, p. 7-17, 1948.

WINOGRAD, T. & FLORES, F. *Understanding Computers and Cognition: a New Foundation for Design*. Norwood: Ablex Publishing Corporation, 1986.

A construção de  
uma história para  
as redes  
conexionistas

Cristina Magro